

インターネットを利用した宇宙教育支援システムの構築

浅井 文男

Construction of an Internet oriented Server System for assisting Space Education

Fumio ASAI

教育利用を主要なミッションとする人工衛星による初等・中等教育機関対象の科学教育プロジェクトが企画・実施されている。児童・生徒は衛星からデータを受信し、解析することで、科学の方法を習得したり、宇宙空間や地球環境に対する認識を深めることができるものと期待されている。本研究では初等・中等教育機関における人工衛星の教育利用の推進を図ることを目的として、インターネット環境を利用した衛星データ配信システムを構築した。このシステムを使用すれば、受信ソフトをインストールしたパソコンをインターネットに接続するだけで、だれでも、どこでも容易に有人宇宙船を含む人工衛星のデータを受信することができる。システムはすでに稼働しており、ARISS School Contactの支援が試みられている。

1. はじめに

コマンドやデータの送受信に電波法で定めるアマチュア無線業務に割り当てられた周波数帯の電波を使用する人工衛星はアマチュア衛星またはアマチュア通信衛星と呼ばれている。1961年に最初のアマチュア衛星OSCAR-1が誕生して以来、現在までに40機以上のアマチュア衛星が打ち上げられている[1]。

我が国ではアマチュア衛星はアマチュア無線家が個人的な趣味で交信するための人工衛星であると思われるがちであるが、実態は必ずしもそうではない。イギリスのサレー大学は1980年代より学生の教育や研究をおもな目的とするアマチュア衛星UoSATシリーズの開発を積極的に進めている。1990年代に入るとアメリカの大学でも学生の教育や研究を目的とするアマチュア衛星の設計・開発が盛んに行われるようになった。アラバマ大学のSEDSAT、海軍大学校のPANSAT、ウェーバー大学のJAWSAT、スタンフォード大学のOPAL、アリゾナ大学のASUSAT、サンタクララ大学のARTEMIS、ワシントン大学のSAPPHIREなどがそうである。また、開発途上国を中心に、学生の教育、技術者の育成、衛星技術の導入、ベンチャー企業の設立、宇宙実験などを目的としたアマチュア衛星の開発が国家的プロジェクトとして推進されるようになった。韓国のKITSAT、メキシコ

のUNAMSAT、タイのTMSAT、イスラエルのTECHSAT、マレーシアのTIUNGSAT、サウジアラビアのSAUDISATなどがそうである。

アマチュア衛星は管制局が衛星搭載機器を監視するためのテレメトリをビーコン(標識電波)に乗せて常時送信している。テレメトリには太陽電池パネルの温度や出力電流、磁束計やダストセンサーの出力電圧など、衛星搭載機器の動作状態や動作環境を知ることができる情報が含まれている。衛星が軌道を一周する間に収集・蓄積したホールオービットデータや実験・観測データの伝送にビーコンが使用されることもある。ビーコンとデータの送信にはおもにVHF帯またはUHF帯の周波数と比較的単純な電波形式およびデータ伝送方式が使用され、それらの情報は公開されるので、だれでも簡便な受信装置で受信・取得できる。よって、海外ではアマチュア衛星と衛星データは高等教育機関のみならず初等・中等教育機関の科学教育や技術教育の教材としても使用されている[2]。ウェーバー大学のWEBERSAT、ブラジルのBRAMSAT、南アフリカのSUNSATがそうである。

アマチュア衛星の教育的な意義と成果が確かめられる中、初等・中等教育機関を対象とした科学教育プロジェクトを展開するための人工衛星の企画、開発、打ち上げが試みられている。アメリカ海軍調査研究所のProject Starshineやコロラド大学のCitizen Explorer Projectがその代表である。Project Starshineは児童・

生徒が磨いた鏡を張り付けた衛星を打ち上げ、太陽反射光の目視やテレメトリの受信・解析による大気密度の観測をおもな目的とする教育プロジェクトで、現在までにStarshine 1号～3号が打ち上げられている[3]。一方、Citizen Explorer Projectは世界中の児童・生徒が取得した衛星データと地上観測データをインターネットで共有することで、オゾン層を地球規模で共同観測するプロジェクトである。現在、地上観測教材キットが配布され、衛星(CX-1)の打ち上げに向けた準備が進められている[4]。

アメリカ航空宇宙局(NASA)は有人宇宙船を利用したさまざまな科学教育プロジェクトを企画・実施している。ARISS School Contactは国際宇宙ステーションに設置したアマチュア無線局を利用して、宇宙飛行士と学校の児童・生徒が交信することで、宇宙開発や科学技術に対する興味・関心を触発するための教育プログラムである[5]。ARISS School Contactは2000年12月より開始され1週間にほぼ1校のペースで精力的に実施されている。

アマチュア衛星のビーコンを受信したり、データを取得するためには、アンテナや受信機はもちろん、衛星の軌道予測や追尾、ドップラーシフトの補正など、さまざまな機材や知識、技術が必要になる。よって、これまで我が国の初等・中等教育機関ではアマチュア衛星と衛星データの教育利用は低調であった[6]。しかし初等・中等教育機関においてもインターネットの普及が進み、次期学習指導要領では総合的な学習の時間の導入や、学校独自の授業科目の開設が可能になるなど、アマチュア衛星を利用した教育実践や教育プロジェクトへの参加が容易になる状況が生まれている。また、一定の条件を満たす社団局を開設すれば無線従事者資格を持たない小・中学生が無線設備を限定的に操作することを認める制度(総務省告示154号)が施行されたことで、日本の小・中学生はだれでもにARISS School Contactに参加できるようになった。

本研究の目的はインターネット環境を利用した有人宇宙船を含むアマチュア衛星のデータ配信システムを構築し、運用することで、我が国の初等・中等教育機関における人工衛星の教育利用と教育プロジェクトの推進を図ることである。

2. システムの構成と運用

2.1 衛星データ受信システム

筆者の実験室に設置している社団局(呼出符号JJ3YUJ)の無線設備を使用することで、144MHz帯と430MHz帯

の電波を使用するアマチュア衛星の追尾・アクセス、ビーコンの受信・録音、各種データの取得・復調などを行うことができる。無線設備のおもなハードウェアとソフトウェアを表1と表2にそれぞれ示す。

表1 衛星データ受信システムのハードウェア

衛星アクセス・データ受信 トランシーバ(FT847), トランシーバ(IC-910D)
ビーコン録音・データ復調 MDデッキ(MDS-PC2), デモジュレータ(自作) TNC(TNC291G, TNC-555, SPIRIT-2)
アンテナ・プリアンプ 144MHz帯10 エレ八木, 430MHz帯15 エレ八木 3バンドグランドプレーンアンテナ ローテータ(G-5500), ローテータコントローラ(GS232A) 430M帯アンテナ直下型プリアンプ
パソコン(配信システムと共用) Pentium III 866MHz 256MB, 30GB HDD

表2 衛星データ受信システムのソフトウェア

OS: Windows2000 Professional
デジタル衛星アクセス: Wisp
軌道計算: Nova for Windows
ドップラーシフト補正: W6IHG Radio Tuner

2.2 衛星データ配信システム

衛星データ配信システムは衛星データ受信システムで受信・取得したビーコンの信号音や復調データを、リアルタイムにインターネット上に配信するためのサーバシステムである。このシステムがサポートするおもな機能は以下のとおりである。

1) オーディオ信号音の配信

可聴音で変調されたビーコンの信号音やデジトーカーの音声メッセージなどをRealProducerでRealAudioデータに変換し、RealServerでライブ放送する。現在稼働中のアマチュア衛星の配信可能なオーディオ信号音を表3に示す。

表3 配信可能なオーディオ信号音

衛星	ビーコン
UO-11	1200bps AFSK
RS-12/13, LO-19, FO-29	CW
AO-16, FO-29	1200bps PSK
Pcsat, ISS	1200bps AFSK
FO-29	デジトーカー

2) パケットデータの配信

パソコンのサウンド機能を利用してパケット通信(デジタルデータ通信)を行うために開発されたAGWPE[7]と呼ばれるソフトウェアのサーバ機能を使用して、1200bps AFSK、1200bps PSKおよび9600bps FSKのパケットデータを配信する。現在稼働中のアマチュア衛星の配信可能なパケットデータを表4に示す。

表4 配信可能なパケットデータ

衛星	パケットデータ
AO-16, FO-29	1200bps PSK
FO-29, Pcsat, UO-22	9600bps FSK
Pcsat, ISS	1200bps AFSK

衛星データ配信システムのおもなハードウェアとソフトウェアをそれぞれ表5と表6に示す。また、筆者の実験室に設置した衛星データ受信・配信システムを図1に示す。

表5 衛星データ配信システムのハードウェア

パーソナルコンピュータ

RealSever : Pentium III 1GHz 512MB, 40GB HDD

RealProducer : Celeron 1GHz 256MB, 40GB HDD

AGWPE : Pentium III 866MHz 256MB, 30GB HDD

表6 衛星データ配信システムのソフトウェア

OS : Windows2000 Professional

ビーコン・音声メッセージの配信

RealSever8.0 Plus, RealProducer8.5 Plus

パケットデータの配信

AGWPE



図1 衛星データ受信・配信システム

2.3 システムの運用

衛星データ受信・配信システムにはスタンバイモードとトラッキングモードの2つの運用形態がある。いずれの場合も無線設備の操作は所定の無線従事者免許の所有者(社団局の構成員)が行う。

1) スタンバイモード

いわゆる無人運転の運用形態で、利用者からの特別な配信要求がない場合に採用する。グラントプレーンアンテナを使用して特定の周波数と電波形式(通常は145.825MHz FM)で常時モニタし、受信できたビーコンやデータを配信する。この運用形態の場合、利用者は受信ソフトをインストールしたパソコンをインターネットに接続しておくだけでよい。しかし、受信できるアマチュア衛星は限られている。また、垂直偏波で無指向性のアンテナを使用するので地上通信の混信を受けやすい。

2) トラッキングモード

利用者からアマチュア衛星と日時を指定して配信の要請があった場合に採用する運用形態である。すなわち、利用者が指定した日時に当該のアマチュア衛星を八木アンテナで追尾し、ビーコンやデータの受信する。衛星の追尾とドップラーシフトの補正は自動的に行われる。2.2節で挙げたすべてのアマチュア衛星に対応している。スタンバイモードよりも確実にビーコンやデータを受信できるが、利用者は事前に受信したい衛星の可視時間を調べたうえで配信要請を行う必要がある。

3. システムの利用と操作

3.1 ハードウェアとソフトウェア

衛星データ配信システムを利用するためにはWindows 9x/MeまたはWindows NT4/2000/XPがインストールされたパーソナルコンピュータとインターネット接続環境が必要である。RealServerによるライブ放送にはMulti-rate SureStreamを使用しているので、モデムを使用したダイヤルアップ接続でもかまわないが、できれば常時接続が望ましい。また、受信するデータに応じて表7に示すソフトウェアがそれぞれ必要である。これらはすべてフリーソフトウェアとして提供されている。

表7 受信に必要なソフトウェア

オーディオ信号	RealPlayer
パケットデータ	Agwmonitor

3.2 利用手順と受信操作

3.2.1 衛星の軌道予測

アマチュア衛星は常時ビーコンを送信しているからといって、いつもビーコンが聞けるわけではない。衛星データ受信システムでビーコンを受信できる位置に衛星が飛来したときだけ、システムの利用者もビーコンを聞くことができる。よって、利用者は衛星が飛来する時間(可視時間)をあらかじめ確かめておく必要がある。

衛星の可視時間を正確に知るためにはパソコンと軌道予測(計算)ソフトまたはトラッキングソフトと呼ばれるソフトウェアを使用する。軌道予測ソフトを使用して衛星の可視時間を計算するとき、受信局の位置を表す緯度、経度、高度が必要になる。衛星データ受信システムの位置を表8に示す。

表8 衛星データ受信システムの位置

北緯34.7° 東経135.8° 海拔50m

3. 2. 2 配信要請

受信したいアマチュア衛星と軌道予測に基づく受信日時が決まれば、事前に電子メール等で配信要請を行う。配信要請があれば受信に必要な情報を提供するとともにシステムをトラッキングモードで運用する。インターネット常時接続環境下でPcsatやISSのパケットデータを受信する場合は軌道予測や配信要請を行う必要はない。Agwmonitorを起動したパソコンをインターネットに接続しておくだけで、パケットデータが受信できる。ただし、スタンバイモードよりもトラッキングモードのほうが確実にデータを配信できるので、この場合も配信要請を行うことが望ましい。

3. 2. 3 受信操作

衛星の可視時間が近づいたらパソコンをインターネットに接続してRealPlayerやAgwmonitorを起動する。可視時間に入るとビーコンのオーディオ信号音が聞こえてくる。ただし、RealProducerでエンコードしてRealServerで配信するため、ライブ放送とはいえ、30秒程度の遅延が生じる。パケットデータを受信すると、Agwmonitorの画面上に一定の時間間隔でテレメトリやメッセージなどの文字列が表示されていく。

4. 教育利用の試みと今後の課題

衛星データ配信システムの実用性を検証するため、2002年8月2日に大阪府池田市で実施されたARISS School Contactにおいて、Windows Xpのリモートデスクトップ接続機能とWindows Messengerによる音声チャット機能を追加した本システムを会場から遠隔操作し、宇宙飛行士の音声継送テストを行った。その結果、64kbpsのPHSによるインターネット接続環境でもほとんど遅延なしに音声継送ができることを確認した。Windows Messengerには有線電話機に電話をかける機能があるので、これを使用すればより確実かつ明瞭な音声伝送が可能となり、本システムはARISS School

Contactのインターネット放送(ライブ継送)ばかりでなく、地上局の混信を避けるためのバックアップ局としての運用にも利用できるものと思われる。

衛星データ配信システムは稼働を始めたばかりでありその有効性を実証するには学校・教育現場における教育実践と、それに基づく評価が必要である。システムを利用した教育実践を展開するためには2つの課題がある。第1の課題はユーザーインターフェースの改良である。システムの利用者は受信したいビーコンやデータに応じて複数の受信ソフトを使い分ける必要がある。また、受信ソフトを起動するとき、サーバのIPアドレスやポート番号を入力しなければならないなど、煩わしい操作も必要である。こうした問題点を解決するため、マウスオペレーションだけでシステムにアクセスできるWebサイトを開設し、Javaを使用して各種の機能を統合した操作性のよい受信ソフトを開発する予定である。

第2の課題は教材の開発である。このシステムを使用すれば、受信ソフトをインストールしたパソコンをインターネットに接続するだけで、だれでも、どこでもリアルタイムにアマチュア衛星のビーコンを受信したり、データを取得したりすることができる。その容易さ故、具体的な教材や学習指導案がなければアマチュア衛星に対する興味や関心を喚起するだけのシステムに終わってしまう。明確で具体的な教育目標を定めた教育活動を展開するためには、システムの継続的な使用を前提とする教材開発が不可欠である。現在、UO-11(UoSAT-2)のASCIIデータ復調用デモジェネレータと解読用ソフトウェアなどで構成される教材キットの開発を進めている。

本研究は電気通信普及財団の平成12年度、13年度研究調査助成を受けて行われているものである。

参考文献

- [1] The Satellite Anthology, American Radio Relay League, (1999).
- [2] Zain, Ahmad F. M., In-Class Demonstration Using Amateur Radio Satellites for the Teaching of Communications Engineering at the Universiti Kebangsaan Malaysia, IEEE Transactions on Education, Vo.37, No.1, pp.107-110, (1994).
- [3] <http://www.azinet.com/starshine/>.
- [4] Advancing Radio Communications Technology with the Citizen Explorer Mission, Proceedings of the AMSAT-NA 16th Space Symposium, pp.75-86, (1998).
- [5] <http://www.rac.ca/ariss.htm>.
- [6] 浅井文男, アマチュア衛星を利用した科学教育に関する研究, 平成9年度, 10年度科学研究費補助金(基盤研究(C)課題番号09680201)研究成果報告書, (1999).
- [7] <http://www.raag.org/sv2agw/>.

